



IV. Opis programu studiów

3. KARTA PRZEDMIOTU

Kod przedmiotu	E-E2P-2015-s2
Nazwa przedmiotu	Zastosowanie układów przekształtnikowych do zasilania maszyn elektrycznych
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Application of power converters in electric machines
Obowiązuje od roku akademickiego	2019/20

USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

Kierunek studiów	Elektrotechnika
Poziom kształcenia	II stopień
Profil studiów	Ogólnoakademicki
Forma i tryb prowadzenia studiów	Studia stacjonarne
Zakres	Przetwarzanie i Użytkowanie Energii Elektrycznej
Jednostka prowadząca przedmiot	Katedra Elektrotechniki Przemysłowej i Automatyki
Koordynator przedmiotu	dr hab. inż. Krzysztof Ludwinek, prof. PŚk dr hab. inż. Sławomir Karyś, prof. PŚk
Zatwierdził	Dziekan Wydziału Elektrotechniki Automatyki i Informatyki dr hab. inż. Antoni Różowicz, prof. PŚk

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

Przynależność do grupy/bloku przedmiotów	Przedmiot kierunkowy
Status przedmiotu	Wybieralny
Język prowadzenia zajęć	Polski
Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr	Semestr III
Wymagania wstępne	Teoria obwodów 1,2; Podstawy elektroniki 1, 2.
Egzamin (TAK/NIE)	Nie
Liczba punktów ECTS	3

Forma prowadzenia zajęć	wykład	ćwiczenia	laboratorium	projekt	Inne
Liczba godzin	30	0	30	0	0

w semestrze					
--------------------	--	--	--	--	--

EFEKTY UCZENIA SIĘ

Kategoria	Symbol efektu	Efekty kształcenia	Odniesienie do efektów kierunkowych
Wiedza	W01	ma wiedzę w zakresie z zakresu matematyki i fizyki przydatną do rozwiązywania zagadnień z podstaw elektroniki i energoelektroniki oraz maszyn elektrycznych	ELE2_W01, ELE2_W02
	W02	ma podstawową wiedzę w zakresie budowy i konfiguracji kompaktowych i modułowych sterowników PLC	ELE2_W18
	W03	ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną o konfiguracji przemysłowych układów sterowania maszyn i urządzeń elektrycznych sterownych za pomocą kompaktowych i modułowych sterowników PLC	ELE2_W17
	W04	ma teoretycznie szczegółową wiedzę o konfiguracji i programowaniu przemysłowych układów sterowania maszyn i urządzeń elektrycznych realizowanych za pomocą kompaktowych i modułowych sterowników PLC	ELE2_W18
Umiejętności	U01	potrafi posługiwać się technikami informacyjno-komunikacyjnymi w zakresie symulacji, konfiguracji i programowania oraz uruchamiania sterowników PLC	ELE2_U08
	U02	potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski przy konfiguracji przemysłowych układów sterowania maszyn i urządzeń elektrycznych realizowanych za pomocą kompaktowych i modułowych sterowników PLC	ELE2_U09
	U03	potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do konfiguracji i programowania oraz uruchamiania układów sterowania maszyn i urządzeń elektrycznych realizowanych za pomocą kompaktowych i modułowych sterowników PLC	ELE2_U09
Kompetencje społeczne	K01	Potrafi współdziałać i pracować w grupie	ELE2_K04

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć*	Treści programowe
wykład	1. Schematy blokowe sterowania przekształtnikami. Zależności matematyczne określające moc chwilową, moment oraz strumień w maszynach elektrycznych. Równania strumieniowo-napięciowe. Podstawowe relacje matematyczne oparte na wektorach przestrzennych, transformacja do układów dwufazowych α - β i d-q, istota przejścia z równań matematycznych do blokowych układów sterowania. Podział przekształtników ze względu na zasilanie maszyn elektrycznych, metodologia projektowania przekształtników..
	2. Zasilanie silników indukcyjnych, zasada częstotliwościowej regulacji prędkości obrotowej, możliwy zakres regulacji $U/f = \text{const}$ i w metodzie wektorowej, rodzaje komutacji, PWM. Sterowanie prędkością obrotową silników indukcyjnych poprzez wejścia analogowe i wbudowane wejścia cyfrowe falowników napięcia. Podział przekształtników ze względu na zasilanie maszyn elektrycznych, metodologia projektowania przekształtników.
	3. Charakterystyka profesjonalnych programów narzędziowych do konfiguracji falowników i serwo sterowników do sterowania prędkością obrotową silników indukcyjnych i serwomotorów.

	4. Konfiguracja i sposób programowania przemysłowych przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych w postaci wbudowanej w sterownik PLC i dołączanych za pomocą modułów rozszerzeń (w tym również konfiguracja falowników do współpracy z tymi modułami), możliwości współpracy kompaktowych i modułowych sterowników PLC oraz modułów rozszerzeń z falownikami napięcia i enkoderami (inkrementalnymi i absolutnymi).
	5. Zasilanie nowoczesnych bezszczotkowych silników prądu stałego, możliwości regulacyjne, strefy regulacji prędkości obrotowej, metody sterowania.
	6. Wpływ pracy przekształtników i maszyn elektrycznych na sieć zasilającą, prądy upływnościowe do obudowy, uzwojeń, wału silnika, analiza zawartości harmonicznych, moce, współczynnik mocy, przykłady obliczeniowe, zabezpieczenia silników zasilanych z układów energoelektronicznych.
	7. Kolokwium pisemne z wykładów.
laboratorium	1. Organizacja i regulamin zajęć w laboratorium, BHP przy współpracy z przekształtnikami, maszynami i urządzeniami elektrycznymi, zapoznanie się z ze środowiskiem programowym i sprzętowym. Student otrzymuje środowisko programowe do sterowania prędkością obrotową silnika indukcyjnego.
	2. Oblicz przekładnię i moc pozorną transformatora po stronie pierwotnej dla zadanego prostownika zasilającego trójfazowy falownik. Określ powtarzalne napięcie szczytowe U_{RRM} diod biorąc pod uwagę wahania napięcia zasilającego $\pm 10\%$. Jaką wartość powinna mieć pojemność kondensatora wygładzającego jeśli pobierany jest prąd I , a napięcie tętnień nie powinno przekraczać ΔU .
	3. Projekt prostownika zasilający falownik. Należy: obliczyć przekładnię i moc pozorną transformatora po stronie pierwotnej dla prostownika zasilającego falownik, określić powtarzalne napięcie szczytowe U_{RRM} diod biorąc pod uwagę wahania napięcia zasilającego $\pm 10\%$. Jaką wartość powinna mieć pojemność kondensatora wygładzającego jeśli pobierany jest prąd I , a napięcie tętnień nie powinno przekraczać ΔU (w układzie prostownika dwupulsowego). Konfiguracja falowników w trybie $U/f = \text{const.}$, za pomocą programów (Cx-Drive, Yaskawa Drive Wizard itp) łączenie, sprawdzanie i uruchamianie za pomocą panelu oraz programów narzędziowych, monitoring parametrów.
	4. Konfiguracja falowników w trybie kontroli wektora pola, łączenie, sprawdzanie, programowanie i uruchamianie za pomocą programów narzędziowych, monitoring parametrów, realizacja autotuningu. Praktyczna realizacja autotuningu.
	5. Sterowanie maszyn elektrycznych prądu przemiennego za pomocą przekształtnika w oparciu karty komunikacyjne. Z wykorzystaniem falownika napięcia i kart komunikacyjnych należy zaprojektować i wykonać układ sterowania prędkością obrotową dwoma trójfazowymi silnikami indukcyjnymi klatkowymi.
	6. Badanie wpływu kształtu napięcia zasilania na zawartość wyższych harmonicznych w prądach i napięciach podczas pracy przekształtników i maszyn elektrycznych, sprawdzanie zadziałania zabezpieczeń, możliwości ograniczania prądów upływnościowych: do obudowy silników, do uzwojeń i do wału silnika, analiza, obliczenia w środowisku Matlaba.
	7. Kolokwium pisemne w zakresie zadań laboratoryjnych.

METODY WERYFIKACJI EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Symbol efektu	Metody sprawdzania efektów kształcenia					
	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Kolokwium	Projekt	Sprawozdanie	Inne
W01			Kolokwium pisemne			
W02			Kolokwium pisemne			

W03			Kolokwium pisemne			
W04			Kolokwium pisemne			
U01			Kolokwium pisemne			
U02			Kolokwium pisemne			
U03			Kolokwium pisemne			
K01						Ocena aktywności na zajęciach i za współpracę w grupie

FORMA I WARUNKI ZALICZENIA

Forma zajęć*	Forma zaliczenia	Warunki zaliczenia
wykład	zaliczenie z oceną	Uzyskanie co najmniej 50% punktów (odniesione do ilości punktów wyznaczonych przez prowadzącego) z kolokwium w trakcie zajęć
laboratorium	zaliczenie z oceną	Uzyskanie co najmniej 50% punktów (odniesione do ilości punktów wyznaczonych przez prowadzącego) z kolokwium w trakcie zajęć + aktywność na zajęciach

NAKŁAD PRACY STUDENTA

Bilans punktów ECTS							
Lp.	Rodzaj aktywności	Obciążenie studenta					Jednostka
		W	C	L	P	S	
1.	Udział w zajęciach zgodnie z planem studiów	30		30			h
2.	Inne (konsultacje, egzamin)*	4		4			h
3.	Razem przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego	68					h
4.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego	2,72					ECTS
5.	Liczba godzin samodzielnej pracy studenta	7					h
6.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy	0,28					ECTS
7.	Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym	30					h
8.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym	1,32					ECTS
9.	Sumaryczne godzinowe obciążenie pracą studenta	75					h
10.	Punkty ECTS za moduł <i>1 punkt ECTS=25 godzin obciążenia studenta</i>	3					ECTS

LITERATURA

1. H. Tunia, R. Barlik: Teoria przekształtników Wydawnictwo: OWPW, Warszawa 2003.
2. M. P. Kaźmierowski, J. T. Matysik: *Wprowadzenie do elektroniki i energoelektroniki*. OWPW, W-wa 2005.
3. L. Grzesiak, A. Kaszewski, B. Ufnalski: Sterowanie napędów elektrycznych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019.
4. M. Morawiec: Bezczujnikowe sterowanie maszynami elektrycznymi zasilanymi przekształtnikowo. Seria: Monografie nr 131. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2013.
5. M. Ronkowski, M. Michna, G. Kostro, F. Kutt: Maszyny elektryczne wokół nas. Zastosowanie, budowa, modelowanie, charakterystyki, projektowanie. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk 2011.
6. M. Kulas, T. Skoczkowski: Sterowanie napędami asynchronicznymi i prądu stałego. Wydawnictwo: Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego. Gliwice 2003.
7. F. D. Petruzella: Programmable Logic Controllers. 5th Edition. NY 2017 by McGraw Hill.
8. J. Kwaśniewski: Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej. Wyd. BTC. Legionowo 2008.

9. T. Legierski, J. Wyrwał, J. Kasprzyk, J. Hajda: Programowanie sterowników PLC. Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, 2008. Wydanie 2.
10. Wykłady i laboratoria multimedialne dostępne na platformie Moodle:
 - K. Ludwinek: PLC Simulation and Programming – wykład. 2011.
 - K. Ludwinek: PLC Simulation and Programming – laboratorium. 2011.
 - K. Ludwinek: PLC Controller Utilizations in Industrial Systems – wykład. 2014.
11. S. Flaga: Programowanie sterowników PLC w języku drabinkowym. BTC 2010.
12. B. Broel-Plater: Układy wykorzystujące sterowniki PLC. Projektowanie algorytmów sterowania. PWN, W-wa 2008.
13. K. H. Borelbach i inni: Technika sterowników z programowalną pamięcią. WSiP. W-wa 1998.
14. Moduł jednostki centralnej sterowników CP1L/CP1E. Omron 2009. www.omron.pl
15. CJ1M, CJ2M, CJ2H, CP1H, CP1L, CP1E: Programming and Operational Manual. Omron. www.omron.pl (Instrukcje pdf).
16. V1000. Instrukcja obsługi. Omron 2009. www.omron.pl.
17. Sysdrive 3G3MV User's Manual. Omron 2007. www.omron.pl.
18. Sysdrive 3G3MV. Instrukcja obsługi. Omron 2000. www.omron.pl.
19. Varispeed F7. Vector Control Frequency Inverter. USER'S MANUAL. Omron 2005.
20. Cx-One FA Integrated Tool Package. Setup Manual. Omron 2017. www.omron.pl.
21. SCARA Robots Programming software. User's manual. Omron 2010. www.omron.pl
22. YRC SCARA Robot Controller. User's manual. Omron 2013. www.omron.pl
23. NS-Series. CX-Designer. Ver. 3.0. User's Manual. Omron 2016. www.omron.pl